



3º Simpósio Nacional de Fruticultura

Vila Real, 4 e 5 de dezembro de 2014



Associação
Portuguesa de
Horticultura



Centre for the Research and Technology of
Agro-Environment and Dietetic Sciences



Centro Operativo e Tecnológico
Hortofrutícola Nacional

Ficha Técnica:

Título: 2º Simpósio Nacional de Fruticultura

Colecção: Actas Portuguesas de Horticultura, nº 23

Editor: ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DE HORTICULTURA

Rua da Junqueira, 299 – 1300-338 Lisboa

Coordenação: Raúl Rodrigues e Ana Paula Silva

Autores: vários

Edição e Coordenação: Raúl Rodrigues e Ana Paula Silva

Tiragem: 200 exemplares

ISBN: 978-972-8936-16-7

Atmosfera controlada dinâmica na prevenção do acastanhamento interno em pera ‘Rocha’: eficácia dos sensores de etanol e de fluorescência de clorofilas

Teresa Deuchande¹, Susana M. P. Carvalho^{1,2}, Christian Larrigaudière³, Fernanda Fidalgo⁴, Umbelina Guterres², Nelson Isidoro⁵ & Marta Vasconcelos¹

¹CBQF - Centro de Biotecnologia e Química Fina – Laboratório Associado, Escola Superior de Biotecnologia, Universidade Católica Portuguesa/Porto, Rua Arquitecto Lobão Vital, Apartado 2511, 4202-401 Porto

²Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Departamento de Geociências Ambiente e Ordenamento do Território, Rua do Campo Alegre 697, 4169-007 Porto, Portugal

³IRTA, Postharvest Department, Parc Científic i Tecnològic Agroalimentari, Parc de Gardeny, Edifici Fruitcentre, 25003 Lleida - Spain

⁴Biosystems & Integrative Sciences Institute (BioISI), Departamento de Biologia, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Rua do Campo Alegre s/n, 4169-007 Porto, Portugal

⁵Coopval, Cooperativa Agrícola dos Fruticultores do Cadaval, Estrada Nacional 115, km 26, 2550-108 Cadaval, Portugal

Resumo

A pera ‘Rocha’ é suscetível ao desenvolvimento de acastanhamento interno (AI) durante o armazenamento prolongado em atmosfera controlada estática (ACE). Este estudo teve como objetivo avaliar o potencial da atmosfera controlada dinâmica (ACD) monitorizada por dois tipos de sensor (etanol e fluorescência de clorofilas) na prevenção do AI em pera ‘Rocha’, com ênfase no metabolismo fermentativo e sistema antioxidante. Neste estudo, peras de um pomar foram armazenadas em três câmaras comerciais de atmosfera controlada durante 145 dias, com as seguintes condições de armazenamento: 1) ACD monitorizada por um sensor de etanol (ACD-EtOH); 2) ACD monitorizada por um sensor de fluorescência de clorofilas (ACD-FC); 3) ACE. No final do armazenamento os frutos em ACD-FC e ACE não foram afetados por AI, ao contrário dos frutos armazenados em ACD-EtOH, os quais apresentaram uma incidência de 15% após 125 dias e 20% após 145 dias de armazenamento. A elevada incidência de AI nos frutos armazenados em ACD-EtOH após 125 dias pareceu estar maioritariamente relacionada com os elevados níveis de etanol observado nestes frutos, comparativamente com os níveis detetados nos frutos da ACD-FC e ACE. Embora, após 125 dias, tenha ocorrido uma diminuição dos níveis de ácido ascórbico nos frutos da ACD-EtOH, após 145 dias os frutos superaram este decréscimo e os valores foram superiores aos registados nos frutos das outras condições de armazenamento. Estes resultados sugerem que a utilização do sensor de fluorescência de clorofilas para ajustar os níveis de oxigénio durante o armazenamento em ACD é uma estratégia eficaz na prevenção do AI em pera "Rocha". Pelo contrário, a informação dada pelo sensor de etanol parece ser insuficiente para evitar a indução do metabolismo fermentativo. Os resultados sugerem ainda, que a principal causa do AI em pera ‘Rocha’ poderá estar, primariamente relacionada com o metabolismo fermentativo.

Palavras-chave: acidentes fisiológicos, ácido ascórbico, baixo O₂, metabolitos fermentativos, *Pyrus communis*

Abstract

Dynamic controlled atmosphere in the prevention of internal browning in ‘Rocha’ pear: efficacy of the ethanol and chlorophyll fluorescence sensors

‘Rocha’ pear is susceptible to internal browning (IB) during long term storage under static controlled atmosphere (SCA). This study aimed to evaluate the potential of the dynamic controlled atmosphere (DCA) monitored by two types of sensors (ethanol and chlorophyll fluorescence) in the prevention of IB in ‘Rocha’ pear, focusing on the fermentative metabolism and antioxidant system. In this study, pears from one orchard were stored in three commercial controlled atmosphere chambers during 145 days, under the following storage conditions: (1) DCA monitored by an ethanol sensor (DCA-EtOH); (2) DCA monitored by a chlorophyll fluorescence sensor (DCA-CF); (3) SCA. At the end of storage the fruits stored under DCA-CF and SCA were not affected by IB, unlike the fruit stored in DCA-EtOH, which had an incidence of 15% after 125 days and 20% after 145 days of storage. The high incidence of IB in the fruits stored under DCA-EtOH, after 125 days, appeared to be mainly related with the high levels of ethanol in the fruits as compared to the levels detected in fruits of DCA-CF and SCA. Although, after 125 days of storage, there was a decrease in the levels of ascorbic acid in the fruits stored under DCA-EtOH, the fruits overcame this decrease and the values were higher than those recorded in the fruits of the other storage conditions after 145 days. These results suggest that the use of a chlorophyll fluorescence sensor to adjust the oxygen levels during storage under DCA is an effective strategy in preventing IB in ‘Rocha’ pear. On the contrary, the information provided by the ethanol sensor seems to be insufficient to prevent the induction of the fermentative metabolism. The results also suggest that the main cause of IB in ‘Rocha’ pear may be primarily related with the fermentative metabolism.

Keywords: ascorbic acid, fermentative metabolites, low O₂, physiological disorders, *Pyrus communis*

Introdução

A pera ‘Rocha’ é suscetível ao desenvolvimento de acastanhamento interno (AI) durante o armazenamento prolongado em atmosfera controlada estática (ACE). Em AC os baixos níveis de O₂ (entre os 2-3%) e elevados níveis de CO₂ combinados com a refrigeração contribuem para a redução da atividade metabólica dos frutos conferindo-lhes a capacidade de manter os seus atributos de qualidade durante o armazenamento prolongado. No entanto, em função do tempo de armazenamento, os reduzidos níveis de O₂ podem ocasionar uma situação de hipoxia no interior dos frutos causando stress oxidativo e induzindo a fermentação. O stress oxidativo e o uso da via fermentativa como via metabólica para produção de energia, podem levar à ocorrência de acidentes fisiológicos durante o armazenamento. Na base destes acidentes fisiológicos está por um lado o menor aporte de energia, havendo menos energia disponível para a regeneração celular e manutenção do sistema antioxidante (Veltman et al., 1999), e por outro lado a produção de metabolitos fermentativos que em concentrações elevadas podem ser tóxicos para as células. Com a utilização da atmosfera controlada dinâmica (ACD) pretende-se evitar a indução da fermentação e proporcionar as condições ótimas de armazenamento considerando a máxima retenção dos atributos de qualidade e a prevenção da incidência de acidentes fisiológicos durante o armazenamento prolongado. Em ACD a concentração de O₂ na atmosfera de armazenamento é progressivamente reduzida até ao limite mínimo tolerado pelos frutos (inferior a 1%), abaixo do qual o metabolismo respiratório passa de predominantemente aeróbio para anaeróbio. Quando o nível crítico de O₂ é atingido, a concentração de O₂ é ajustada com vista a repor as condições ótimas de armazenamento. A deteção do nível crítico de O₂ baseia-se na monitorização da resposta fisiológica dos frutos ao stress causado pelo baixo O₂ na atmosfera de armazenamento, a qual pode ser monitorizada através da utilização de sensores

especializados. Atualmente são utilizados três tipos de sensores capazes de detectar alterações significativas dos seguintes parâmetros: (1) quociente respiratório (rácio entre o CO₂ produzido/O₂ consumido) (Gasser et al., 2010); (2) fluorescência de clorofilas (FC) (Prange et al., 2002, 2003) e (3) produção de etanol (Schouten et al., 1997; Veltman et al., 2003). Ao longo de todo o período de armazenamento, de acordo com a informação dada pelo sensor utilizado, os níveis de O₂ são ajustados com vista a manter as condições ótimas de armazenamento. Os sensores devem ser suficientemente precisos para garantir que a atmosfera é ajustada antes que ocorram danos nos frutos decorrentes da utilização de baixas concentrações de O₂. O ajuste da composição gasosa pode ser automático, ou seja os sensores podem estar ligados a um sistema de controlo capaz de ajustar automaticamente os níveis de O₂ na câmara de AC, ou pode ser executado por um operador.

Prange et al. (2002, 2003) observaram, em vários frutos e vegetais, que para concentrações específicas de baixo O₂ o Fo (fluorescência mínima emitida quando o material vegetal está adaptado a condições de obscuridade) aumentava e o Fv/Fm (fluorescência variável/ fluorescência máxima que ocorre quando a luz aumenta até ao ponto de saturação) diminuía, sendo que essas concentrações específicas de O₂ correspondiam às estimadas como mínimas toleradas pelos respetivos produtos. Foi ainda observado que uma vez repostos os níveis de O₂ os valores de Fo baixavam para o valor inicial (Prange et al., 2003). Com base nestas observações os autores sugeriram a utilização de sensores de FC como um método rápido e não destrutivo para determinar o nível mínimo de O₂ aceitável para o armazenamento de frutos e vegetais. Os resultados obtidos nestes estudos levaram ao desenvolvimento do sistema HarvestWatch™ para aplicação em sistemas de atmosferas controlada, sendo atualmente amplamente utilizado para o armazenamento de maçãs em AC (Watkins, 2008). DeLong et al. (2007) demonstraram para duas variedades de maçãs, ‘Cortland’ e ‘Delicious’, que o armazenamento em ACD utilizando o sistema HarvestWatch™ permite uma melhor retenção dos atributos de qualidade do que o armazenamento em AC.

O sensor de etanol é capaz de detetar concentrações mínimas de etanol (50 ppb), no entanto, durante o armazenamento mesmo em níveis de O₂ acima do limite mínimo tolerado pelos frutos, por vezes há produção de metabolitos fermentativos, não ocorrendo contudo uma alteração no seu metabolismo respiratório (Peppelenbos & Oosterhaven, 1998). Schouten et al. (1997) demonstraram que o armazenamento de maçãs ‘Elstar’ em ACD-EtOH fazendo o ajuste dos níveis de O₂ de forma a manter as concentrações de etanol atmosférico abaixo de 1 ppm permitia uma melhor retenção dos atributos de qualidade do que o armazenamento em AC com níveis de O₂ ultrabaixos (ULO) (1,2% O₂+ 2,5% CO₂). Veltman et al. (2003) demonstrou, para a mesma variedade de maçã, que o armazenamento em ACD-EtOH contribui para uma maior retenção da firmeza e da cor quando comparado com o armazenamento em AC, conduzindo também a uma diminuição da incidência de ‘skin spots’, uma desordem fisiológica específica da maçã ‘Elstar’. No que respeita a pera ‘Rocha’ a utilização de ACD para o armazenamento prolongado ainda não foi estudada. Atendendo aos efeitos benéficos da utilização da ACD reportados noutros frutos, este estudo teve como objetivo avaliar o potencial da ACD, monitorizada por dois tipos de sensor (etanol e fluorescência de clorofilas), na prevenção do AI em pera ‘Rocha’ durante o armazenamento em condições comerciais, tendo por base o metabolismo fermentativo e o sistema antioxidante.

Material e Métodos

Material vegetal e delineamento experimental

As peras (*Pyrus communis* L. cv Rocha) foram colhidas de um pomar localizado no Cadaval (39 ° 16 'N, 9 ° 8' W) e armazenadas em três câmaras comerciais nas quais foram implementadas as seguintes condições de armazenamento: (1) AC estática (3% O₂ + 0,5% de CO₂, -0,5 ° C); (2) ACD monitorizada por um sensor de etanol (ACD-EtOH); (3) ACD monitorizada por um sensor de fluorescência de clorofilas (ACD-FC). As condições de

temperatura (-0,5 °C) e umidade relativa (95%) foram iguais em todas as câmaras. Nas duas câmaras de ACD os níveis de CO₂ foram mantidos a 0,5% durante todo o período de armazenamento e os níveis de O₂ foram ajustados de acordo com os dados obtidos pelos respectivos sensores. Durante o armazenamento em ACD-EtOH os níveis de O₂ foram mantidos entre 0,4 e 1%, enquanto durante o armazenamento em AC-FC a concentração de O₂ foi mantida entre 0,2 e os 1,2%.

À colheita e periodicamente durante o armazenamento foram preparadas amostras de polpa de pera (3 réplicas de 3 frutos cada) para a análise de ácido ascórbico, e amostras de sumo, utilizando 9 frutos, para a análise dos metabolitos fermentativos (etanol e acetaldeído). As amostras de polpa foram congeladas em azoto líquido e moídas numa picadora comercial sendo depois armazenadas a -80 °C até a análise. Os sumos de pera foram preparados numa liquidificadora comercial e filtrados em papel de celulose sendo congelados a -25 °C, temperatura à qual foram mantidos até a análise.

Estimativa da incidência e índice de acastanhamento interno

Para determinar a incidência de AI, foram avaliados 60 frutos em cada ponto experimental. Os frutos foram cortados longitudinalmente e transversalmente, sendo a incidência de AI expressa como a percentagem de frutos afetados pelo total de frutos observados.

Metabolismo fermentativo

As concentrações de etanol e acetaldeído foram determinadas como descrito por Ke et al. (1994) com pequenas modificações. Amostras de 10 ml de sumo de pera previamente preparadas como acima indicado, foram descongeladas a 4 °C e colocadas num vial de 20 ml com uma tampa de rosca com septo. Posteriormente, as amostras foram incubadas num banho a 65 °C durante 1 hora. Após o período de incubação 1ml de 'headspace' foi retirado com uma seringa de vidro de 1 ml e injetada num cromatógrafo de gás (HP 5890 II, Hewlett Packard) equipado com uma coluna CP-WAX 57 CB chromepack (0.25 mm x 50 m x 0.2 µm, Agilent Technologies Inc., EUA) e um detetor de ionização por chama (FID). As condições de operação foram as seguintes: temperatura do forno a 90 °C, temperatura do injetor 250 °C, temperatura do detetor de 220 °C. As análises foram feitas em triplicado.

Sistema antioxidante

As concentrações de ácido ascórbico (AsA) e dehidroascórbico (DHA) foram determinadas como descrito por Zapata & Dufour (1992), com algumas modificações. As amostras de polpa de pera (10 g) foram homogeneizadas em 10 ml de metanol/água (5:95 v/v) e HCl (10 g/L) usando um Ultra-Turrax (modelo IKA Labortechnik T 25, Staufen, Germany). O homogeneizado foi centrifugado a 5.000 rpm durante 15 minutos a 4 °C (Universal 320R, Hettich, Germany) e o sobrenadante foi filtrado num filtro de pregas. A 3 ml de extrato foi adicionado 1 ml de solução de dicloridrato de 1,2- fenilenodiamina (OPDA), sendo a mistura incubada durante 30 a 40 minutos a 4 °C e posteriormente filtrada através de um filtro de 0,45 µm. As amostras foram analisadas num HPLC equipado com um detetor UV-Vis (UV-1575), um injetor automático (AS-1555) e uma bomba (PU-1580), todos controlados por software adequado (Borwin v. 1.5, da Jasco Corporation, Japan). Para a separação do ácido ascórbico do dehidroascórbico foi utilizada uma coluna de fase reversa Spherisorb ODS2 5 µm (250 × 4,6 mm da Waters Corporation, USA). A fase móvel foi metanol/água (5:95, v/v) contendo 5 mM de cetrimida e 50 mM de dihidrogenofosfato de potássio. Durante as medições o fluxo foi mantido a 1,8 ml.min⁻¹ e o volume de amostra injetado foi de 20 µl.

Análise estatística

Os dados foram analisados em relação a diferenças significativas por análise de variância (ANOVA) utilizando o GraphPad Prism version 6.0 (San Diego, CA, USA). Os dados

apresentados nas figuras foram sujeitos a separação de médias utilizando-se o teste LSD (least significant difference) ($P=0,05$) para cada tempo de armazenamento.

Resultados e Discussão

Os frutos armazenados em AC e ACD-FC não foram afetados por AI, ao contrário dos frutos armazenados em ACD-EtOH, os quais ao fim de 125 dias apresentavam uma incidência de AI superior a 15% e de 20% após 145 dias de armazenamento (Fig. 1). DeEll et al. (1995) demonstraram que a metodologia de fluorescência de clorofilas (FC) é capaz de detectar situações de stress, em maçãs 'Marshall McIntosh', causadas por baixos níveis de O_2 e elevados níveis de CO_2 na atmosfera de armazenamento permitindo prevenir a incidência de acidentes fisiológicos durante o armazenamento. Laffer (2011) reportou também uma redução da incidência de AI em pera 'Uta', após 6 meses de armazenamento em ACD-FC, comparativamente com a observada nos frutos armazenados em AC. Contrariamente, Matheis et al. (2013) referiram o desenvolvimento de AI mais precocemente e com maior incidência em peras 'd'Anjou' armazenadas em ACD-FC do que em AC a 1,5% de O_2 . Estes autores, observaram ainda que o desenvolvimento de AI não produziu qualquer alteração no sinal de fluorescência de clorofilas sugerindo que este sensor poderá não detectar a situação de stress que conduz ao desenvolvimento de AI nesta cultivar de pera.

A elevada incidência de AI nos frutos armazenados em ACD-EtOH após 125 dias pareceu estar maioritariamente relacionada com os elevados níveis de metabolitos fermentativos presentes nestes frutos (53,3 μ l etanol/L e 7,6 μ l acetaldeído/L), quando comparados com os níveis detetados nos frutos da ACD-FC (23,9 μ l etanol/L e 6 μ l acetaldeído/L) e ACE (3,4 μ l etanol/L e 4,4 μ l acetaldeído/L) (Fig. 2A, 2B). Estes resultados sugerem que nos frutos armazenados em ACD-EtOH ocorreu uma alteração do metabolismo respiratório, passando de predominantemente aeróbio para anaeróbio a partir dos 75 dias de armazenamento (Fig. 2A, 2B). Os resultados obtidos neste estudo estão de acordo com os reportados por Deuchande et al. (2012), que demonstraram existir uma correlação positiva entre a incidência de AI e os níveis elevados de etanol e acetaldeído em pera 'Rocha'. Pinto et al. (2001) sugeriram também que estes metabolitos fermentativos poderão estar parcialmente envolvidos no desenvolvimento de AI em pera 'Blanquilla', porém estes autores consideraram que os níveis de etanol e acetaldeído são insuficientes para explicar o AI.

Relativamente aos níveis de ácido ascórbico total (AA), após 125 dias de armazenamento verificaram-se diferenças entre as concentrações presentes nos frutos armazenados nas diferentes atmosferas, sendo que os frutos com concentrações mais elevadas de AA foram os da ACD-FC (2,2 mg 100 g⁻¹ peso fresco) seguidos dos da ACE (1,8 mg 100g⁻¹ peso fresco) e por último os da ACD-EtOH (1,3 mg 100 g⁻¹ peso fresco) (Fig. 3). No entanto, após 145 dias de armazenamento os frutos da ACD-EtOH apresentaram níveis de AA superiores aos registados nos frutos das outras duas condições de armazenamento (Fig. 3). A diminuição dos níveis de AA nos frutos tem sido associada a uma maior suscetibilidade ao desenvolvimento de AI (Veltman et al., 2000). De acordo com Veltman et al. (1999), o AI surge quando a concentração de AA durante o armazenamento é reduzida abaixo de um determinado limite.

Os rácios de AA na forma oxidada e reduzida (DHA/AsA) foram inferiores nos frutos da ACD-FC durante todo o período de armazenamento comparativamente com os registados nos frutos das outras condições de armazenamento (Fig. 3). Estes resultados indicam que o armazenamento em ACD-FC poderá contribuir para uma menor exposição dos frutos a condições de stress oxidativo, permitindo a manutenção do seu potencial redox.

Conclusões

A ausência de incidência de AI nos frutos armazenados em ACD-FC poderá estar relacionada com a concentração inferior de metabolitos fermentativos no final do

armazenamento, em comparação com os observados nos frutos das outras duas condições de armazenamento. Estes resultados sugerem que a utilização do sensor de fluorescência de clorofilas para ajustar os níveis de O₂ durante o armazenamento em ACD é uma estratégia eficaz na prevenção do AI em pera "Rocha". Pelo contrário, o aparecimento precoce de AI, com elevada incidência nos frutos armazenados em ACD-EtOH, associado à produção de elevados níveis de metabolitos fermentativos, sugere que a informação dada pelo sensor de etanol poderá não ser suficiente para evitar a indução do metabolismo fermentativo. Os resultados sugerem ainda, que a causa do AI em pera 'Rocha' poderá estar, primariamente relacionada com o metabolismo fermentativo.

Os resultados deste estudo são promissores, no entanto este é apenas um ensaio preliminar, havendo a necessidade de desenvolver mais estudos envolvendo um maior número de pomares por um período de armazenamento mais prolongado, para poder concluir acerca da eficácia da utilização da ACD-FC na prevenção do AI em pera 'Rocha'.

Referências

- Blackman, F.F. 1928. Formulation of a catalytic system for the respiration of apples and its relation to oxygen. *Proceeding of Royal Society B* 103: 491-523.
- DeEll, J.R., Prange, R.K. & Murr, D.P. 1995. Chlorophyll fluorescence as a potential indicator of controlled-atmosphere disorders in 'Marshall' McIntosh apples. *HortScience* 30: 1084-1085.
- DeLong, J.M., Prange, R.K. & Harrison, P.A. 2007. Chlorophyll Fluorescence-Based Low-O₂ CA Storage of Organic 'Cortland' and 'Delicious' Apples. *Acta Horticulturae* 737: 31-37.
- Deuchande, T., Fidalgo, F., Larrigaudière, C. & Almeida, D.P.F. 2012. Internal browning disorders during storage of 'Rocha' pear: effects of harvest maturity and CO₂ partial pressure. *Avances en poscosecha de frutas y hortalizas* pp. 583-587.
- Gasser, F., Naunheim, W., Gabioud, S. & Bozzi Nising, A. 2010. Dynamic CA storage of apples: monitoring of the critical oxygen concentration and adjustment of optimum conditions during oxygen reduction. *Acta Horticulturae* 876: 39-46.
- Ke, D., Yahia, E., Mateos, M. & Kader, A.A. 1994. Ethanolic fermentation of 'Bartlett' pears as influenced by ripening stage and atmospheric composition. *Journal of American Society of Horticultural Science* 119: 976-982.
- Lafer, G. 2011. Effect of Different CA Storage Conditions on Storability and Fruit Quality of Organically Grown 'Uta' Pears. *Acta Horticulturae* 909: 757-760
- Matheis, J., Felicetti, D. & Rudell, D.R. 2013. Pithy brown core in 'd'Anjou' pear (*Pyrus communis* L.) fruit developing during controlled atmosphere storage at pO₂ determined by monitoring chlorophyll fluorescence. *Postharvest Biology and Technology* 86: 259-264.
- Peppelenbos, H.W. & Oosterhaven, J. 1998. A theoretical approach on the role of fermentation in harvested plant products. *Acta Horticulturae* 464: 381-386.
- Pinto, E., Lentheric, I., Vendrell, M. & Larrigaudière, C. 2001. Role of fermentative and antioxidant metabolisms in the induction of core browning in controlled-atmosphere stored pears. *Journal of Science of Food and Agriculture* 81: 364-370.
- Prange, R.K., DeLong, J.M. & Wright, A.H. 2010. Chlorophyll Fluorescence: Applications in Postharvest Horticulture. *Chronica Horticulturae* 50 (1): 13-15.
- Prange, R.K., DeLong, J.M., Harrison, P.A., Leyte, J.C. & McLean, S.D. 2003. Oxygen concentration affects chlorophyll fluorescence in chlorophyll-containing fruit and vegetables. *Journal of American Society of Horticultural Science* 128: 603-607.

- Schouten, S.O.P., Prange, R.K., Verschoor, J., Lammers, T.R. & Oosterhaven, J. 1997. Improvement of quality of 'Elstar' apples by dynamic control of ULO conditions. *Postharvest Horticulture Series* 16: 71-78.
- Veltman, R.H., Verschoor, J.A. & Ruijsch van Dugteren, J.H. 2003. Dynamic control system (DCS) for apples (*Malus domestica* Borkh. cv 'Elstar'): optimal quality through storage based on product response. *Postharvest Biology and Technology* 27: 79-86.
- Veltman, R.H., Kho, R.M., van Schaik, A.C.R., Sanders, M.G. & Oosterhaven, J. 2000. Ascorbic acid and tissue browning in pears (*Pyrus communis* L. cvs Rocha and Conference) under controlled atmosphere conditions. *Postharvest Biology and Technology* 19: 129-137.
- Veltman, R.H., Sanders, M.G., Persijn, S.T., Peppelenbos H.W. & Oosterhaven, J. 1999. Decreased ascorbic acid levels and brown core development in pears (*Pyrus communis* cv. communis). *Physiologia Plantarum* 107: 39-45.
- Watkins, C.B. 2008. Dynamic controlled atmosphere storage - a new technology for the New York storage industry? *New York fruit quarterly* 16(1): 23-26.
- Zapata, S. & Dufour, J-P. 1992. Ascorbic, dehydroascorbic and isoascorbic acid simultaneous determination by reverse phase ion interaction HPLC. *Journal of Food Science* 57: 506-511.

Quadros e figuras

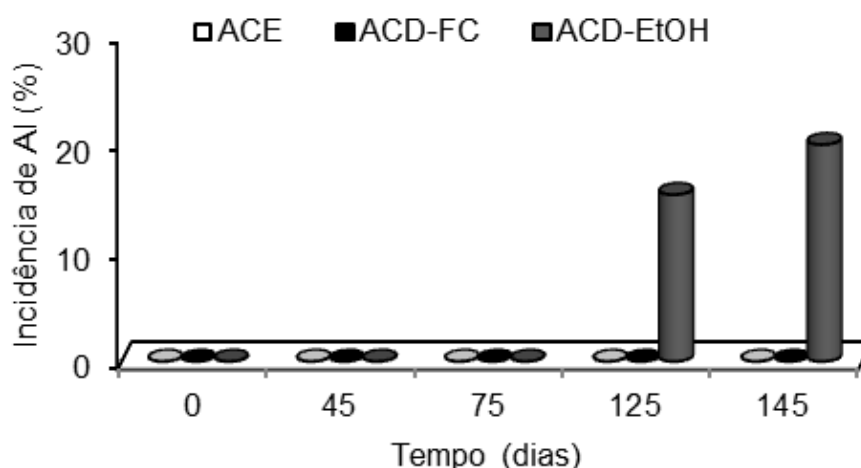


Figura 9: Efeito do armazenamento em atmosfera controlada estática (ACE) e atmosfera controlada dinâmica, monitorizada por um sensor de fluorescência de clorofilas (ACD-FC) e por um sensor de etanol (ACD-EtOH) na incidência de acastanhamento interno. Os valores de incidência representam a porcentagem de frutos com acastanhamento interno pelo total de frutos observados (n = 60).

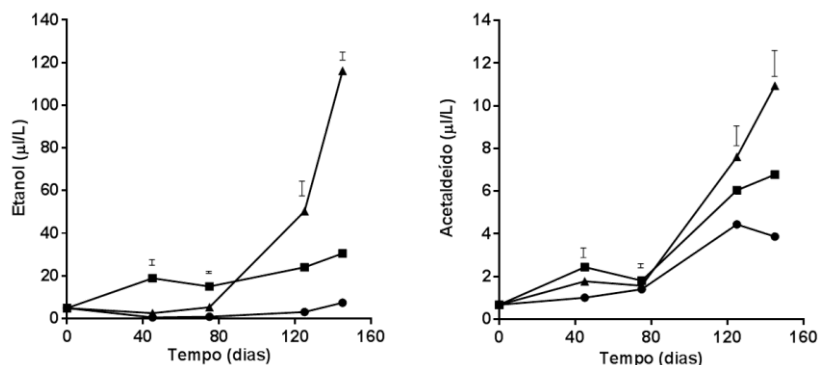


Figura 10: Efeito do armazenamento em atmosfera controlada estática (ACE) (●) e atmosfera controlada dinâmica, monitorizada por um sensor de fluorescência de clorofilas (ACD-FC) (■) e por um sensor de etanol (ACD-EtOH) (▲) nas concentrações de etanol (A) e acetaldeído (B). Os resultados representam a média de 3 réplicas de 3 frutos cada e a barras representam o valor do LSD ($P=0,05$).

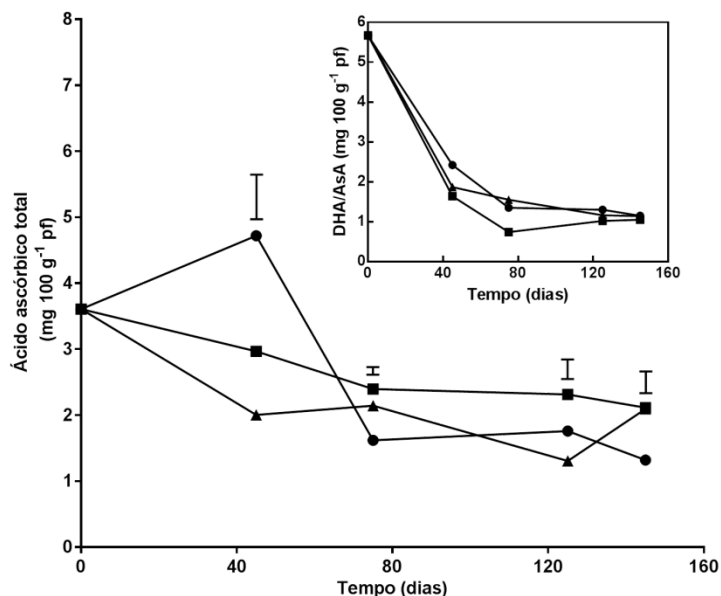


Figura 3: Efeito do armazenamento em atmosfera controlada estática (ACE) (●) e em atmosfera controlada dinâmica, monitorizada por um sensor de fluorescência de clorofilas (ACD-FC) (■) e por um sensor de etanol (ACD-EtOH) (▲) na concentração de ácido ascórbico total durante o armazenamento e no rácio entre o ácido ascórbico na forma oxidada (DHA) e reduzida (AsA) (gráfico complementar). Os resultados representam a média de 3 réplicas de 3 frutos cada e as barras verticais representam o valor do LSD ($P=0,05$).